

М. А. Филиппов, А. В. Ямщиков
Екатеринбург

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ

Аннотация: в статье освещена история и современность уральского автомобилестроения. В фокусе внимания авторов - производство легковых и грузовых автомобилей, а также материалов и комплектующих к ним. Дана оценка практики и перспектив применения высокопрочных сталей в современном автопроме.

Ключевые слова: стали, автомобилестроение, автопром, металлургическая промышленность Урала

M.A. Filippov, A.V. Yamshchikov
Ekaterinburg

NEW MATERIALS AND TECHNOLOGIES FOR AUTOMOBILE INDUSTRY

Abstract: this article deals with the history and present of the Ural automotive industry. The authors focus on the production of cars and trucks, as well as materials and components. Given the evaluation of the practices and perspectives of use of high-strength steels in the modern automobile industry.

Key words: steel, automotive industry, automotive industry, metallurgical industry of Urals,

Автомобилестроение является одним из крупнейших потребителей конструкционных материалов. При этом рост требований к ресурсам формирует конкуренцию между производителями различных материалов, стимулирует прогресс в разработке их новых видов и повышении качества.

Несмотря на увеличение использования в автомобилестроении доли новых конструкционных материалов, ведущую роль в производстве продолжает играть стальной прокат. Так, в среднем на российский легковой автомобиль приходится 75 % готового проката, метизов и стальных труб, а 25 % составляют чугун, цветные металлы, пластмасса, резина, стекло и прочие материалы. Уступая пластмассам и легким металлам по удельному весу, стальные изделия обеспечивают более высокую прочность и, соответственно, надежность и безопасность.

В СССР потребление стали в отрасли было гораздо выше при сравнимых объемах выпуска автомобилей из-за использования более ресурсоемких технологий. В 1990 г. при объеме производства автомобилей на уровне 1,82 млн ед. потребление всех видов проката черных металлов составляло 3,64 млн т, в 2008 г., при сравнимом объеме производства (1,8 млн ед.), потребление достигло 2,5 млн т.

Современный автомобиль состоит из нескольких сотен деталей, изготовленных из нескольких десятков марок металлических и неметаллических материалов. Каждая деталь или узел работают в характерных для них условиях напряженного состояния, износа, коррозии, температуры, окружающей среды и т.п. Поэтому материал детали и технология изготовления детали подбираются строго индивидуально, чтобы свойства детали соответствовали условиям ее работы. Автомобиль должен возить, быть безопасным и не ломаться. Как говорят, вставил ключ – и поехал!

В непрерывной стремительной гонке совершенствования автомобиля он приобретает все новые возможности и способности, облегчая и делая более комфортной жизнь своего обладателя: альтернативные виды топлива, навигационные системы, видеорегистраторы, системы автостоянки, кондиционирования и т.д. Для дальнейшего совершенствования в дополнение к традиционным привлекаются все новые материалы и технологии.

История уральского автомобилестроения ведет свое начало с сурового октября 1941 г., когда у подножия Уральских гор, в районе Ильменского заповедника, в г. Миассе Челябинской области, буквально под открытым небом разгрузили эшелоны с эвакуированным оборудованием двигательного производства Московского автомобильного завода имени И.В. Сталина, вывезенного из Москвы в критические дни 1941 г.

Одним из тех, кто отправлял и сопровождал оборудование на Урал, был отец одного из авторов этой статьи, начальник плавильного отделения литейного цеха ЗиСа А.С. Филиппов. 11 ноября 1941 г. вышло постановление ГКО СССР о строительстве автотракторного и литейного производств УралЗиСа, а уже в начале 1942 г. изготовлены первые коробки скоростей, двигатели, началось его преобразование из автотракторного в автомобильный. В 1944 г. с главного конвейера УралАЗа сошел первый уральский автомобиль (знаменитая трехтонка «ЗИС-5В»), успевший хорошо проявить себя в Великой Отечественной войне. Автозавод «Урал» превратился с тех пор в один из флагманов автостроения России по выпуску тяжелых грузовиков высокой проходимости.

Через 20 лет после этого события, в 1961 г. в Ижевске на знаменитом оружейном заводе Ижмаш выпустили первые мотоциклы «Иж», а затем и остальные модели: ИЖ-П2...ИЖ-П5, ИЖ-Планета «Спорт», ИЖ-Ю2...ИЖ-Ю5. В 1966 г. завод выпустил первые уральские легковые автомобили марки «Иж». Потом были модели «Орбита», ИЖ-2717 и их модификации. В конце XX – начале XXI в. «Иж-авто» стал выпускать заднеприводные модели АвтоВАЗа, а в наши дни перешел на последние модели, включая Ладу-Гранта. В Новоуральске действует завод «Автомобильные заводы Урала», мощные дизельные двигатели для большегрузных машин выпускает Уральский турбомоторный завод. Так что уральские автомобили имеют длинную историю и развитую маши-

ностроительную промышленность для их производства. Нельзя здесь не упомянуть и легендарный флагман советского тракторостроения – Челябинский тракторный завод.

Металлургическая промышленность Урала представлена заводами качественных сталей - ММК, Мечел, Ижсталь, Серовский, Нижнетагильский и Златоустовский. Лысьвенский и Ашинский металлургические заводы способны выплавлять стали любых марок и сортов, производить листовой и фасонный прокат любого сортамента. Трубные заводы Урала – Челябинский, Первоуральский, Синарский и Северский – производят трубы из сотен марок стали любых размеров и способны обеспечить необходимыми деталями наш автопром.

Перед нами современный автомобиль во всем его блеске! Что предстает Вашему взору? Это, прежде всего его оболочка – кузов. По одежке, как говорится, встречают! Кстати, Вы заметили, что блеска как такового, который излучают хромированные детали, становится все меньше? Это характерно даже для таких дорогих машин, как «Мерседес». Разве что хромированная решетка радиатора осталась от былого великолепия множества таких деталей. Это тенденция времени – уменьшение количества дорогостоящих деталей дизайна, да еще получаемых с помощью экологически вредной операции хромирования. По виду кузова мы сразу оцениваем внешний вид, искусство модельера, современность очертаний, гармонию цвета и формы, величину его остекления.

Кузов – одновременно и оболочка, и основа автомобиля. Помимо придания внешнего вида и формы, кузов выполняет роль силовой основы машины, к которой крепятся, как на каркас, все его агрегаты, детали и узлы. Внешняя привлекательность кузова должна сочетаться с набором функциональных качеств и является сложной металлоемкой конструкцией неравной прочности. Прежде всего, кузов должен обеспечить защиту пассажиров от отрицательных факторов окружающей среды – ветра, дождя, пыли, снега, газов и др. и обеспечить комфортное размещение 3–6 чел., не говоря уже о том, что в случае ДТП именно кузов принимает на себя удар и его обязанность если не обеспечить исправность автомобиля, то хотя бы сохранить жизнь водителю и пассажирам. С другой стороны, части кузова, служащие для размещения массивных узлов и агрегатов – двигателя, подвески колес, дверей, крышки капота – должны быть соответственно усилены по сравнению с частями, несущими в основном защитные функции, например, стойками крыши. Эти усилительные элементы привариваются к холодно-штампованному сварному кузову из стали.

Традиционно основными сталями, используемыми в автомобилестроении, в частности, для лицевых деталей автомобиля, служат мягкие непрочные низкоуглеродистые стали типа 08Ю. Предел прочности (временное сопротивление) холоднокатаного листа таких сталей состав-

ляет не более 365 МПа. С приходом на отечественный рынок иностранных автомобильных компаний возрос спрос на стали повышенной прочности и стали с высокой штампуемостью (IF-стали).

Применение сталей повышенной прочности позволяет значительно снизить массу автомобиля. Масса кузова «типичного семейного седана» за последние десять лет уменьшилась на 14 %, а использование высокопрочной стали возросло в три раза. Возросшие требования автомобильной промышленности к штампуемости, качеству поверхности и коррозионной стойкости холоднокатаного тонкого листа делают актуальной задачу по разработке новых материалов на основе железа и технологий их производства. Прежде всего, это относится к автолистовым сталям, доля которых в общей массе автомобиля составляет более 60 %. В обозримом будущем сталь по-прежнему остается самым удобным и подходящим материалом для производства автомобилей. Разработка и применение новых типов сталей (высокопрочных, двухфазных, многофазных, IF- и TRIP-сталей, с различными защитными покрытиями) позволяют автопроизводителям успешно решать такие актуальные задачи, как снижение массы, повышение безопасности, надежности и коррозионной стойкости автомобилей [1].

Достижение требуемого уровня потребительских свойств автолистовых сталей требует решения комплекса сложных проблем, связанных с определением и созданием условий для получения оптимальных химического и фазового составов, микроструктуры стали, технологических параметров ее производства на каждой стадии технологического передела, начиная с выплавки и заканчивая штамповкой и покраской кузова автомобиля.

Значительный потенциал сталей новых марок существенно влияет на конкурентоспособность продукции автомобильной промышленности. Кроме того, отечественные металлургические предприятия смогут стать поставщиками сборочных производств иностранных производителей, особенно, если будут поставлять не только лист, но и изделия из него. В настоящее время все основные мировые производители автомобильной техники ведут активные работы совместно с металлургическими компаниями по освоению производства и расширению выпуска IF- (сверхнизко-углеродистые стали, свободные от атомов внедрения (углерода и азота) в твердом растворе, микролегированные титаном и/или ниобием, повышенной штампуемости), DP- (двухфазные стали с ВН-эффектом, с упрочнением при термообработке, например, при сушке лакокрасочного покрытия) и TRIP (ПНП)-сталей (с пластичностью, достигнутой в результате фазового мартенситного превращения). Такие работы проводятся в рамках международного проекта «Сверхлегкий стальной автомобильный кузов – передовые транспортные концепции» Международного института черной металлургии (IISI). Конструкционные материалы имели общее название «Advanced High Strength Steels»

(высокопрочные стали с улучшенными свойствами — AHSS-стали). С целью снижения массы автомобиля и повышения его безопасности практически все крупные металлургические компании мира приняли участие в разработке этих международных проектов [2].

В данных проектах также нашли широкое применение новые технологии, такие как гидроформование деталей кузова и шасси, лазерная сварка заготовок из высокопрочных стальных листов различной толщины. Концепция применения новых прогрессивных технологий и сталей повышенной прочности получила дальнейшее развитие в программе NSB (NewSteelBody) – «Новый стальной кузов», разработанной компанией Thyssen Krupp Stahl (Германия).

В качестве базы сравнения с кузовом NSB был выбран кузов минивэна «Опель Зафира», объем производства которого составил 200 тыс. автомобилей в 2008 г. Основная цель проекта NSB – показать, что путем оптимизации конструкции можно добиться снижения массы без ухудшения других параметров кузова и что концепция NSB вполне подходит для массового производства. Масса кузова NSB снижена на 24 % по сравнению с базовым кузовом «Опель Зафира». Конструкция нового кузова позволяет без труда разместить силовой агрегат и узлы шасси базовой модели. Основные характеристики конструкции – энергопоглощаемость и долговечность - находятся на уровне базовой модели [1].

Масса кузова NSB снижена за счет применения высокопрочных сталей, технологий штамповки и гидроформования, точечной и лазерной сварки. Так, 46 % деталей кузова NSB выполнены из тонкостенных полых трубчатых элементов конструкции, полученных гидроформованием (детали боковин, стойки крыши); 45 % панелей кузова получены штамповкой; 84 % деталей кузова изготовлены из высокопрочных сталей, из них 72 % – многофазных, а 12 % – из микрелегированных; 69 % соединительных швов выполнены с помощью лазерной сварки, а 14 % – с помощью точечной сварки. Кузов наполовину состоит из высокопрочных сталей, например, лонжероны, пороги и средние стойки (IF- и TRIP-стали). Капот (легче стального на 8 кг), двери (комбинация стальных и алюминиевых деталей), крышка багажника, задняя стенка салона и кузовные поперечины спереди и сзади – алюминиевые сплавы и порошковые материалы.

Применение нового цинко-магниевого покрытия в проекте NSB значительно повысило коррозионную стойкость кузова. Новое покрытие благодаря уменьшенной толщине облегчает применение лазерной сварки в сравнении с обычной оцинкованной сталью. С другой стороны, при стандартной толщине покрытия улучшаются антикоррозионные свойства материала, что позволяет значительно снизить применение дополнительных защитных средств, таких как мастика или воск.

Известно, что чем выше прочность стали, тем хуже ее штампуемость. Так, стандартные легированные стали вследствие низкой вязко-

сти и поэтому недостаточной штампуемости непригодны для изготовления деталей сложной формы. Внедрение новых типов сталей, в микроструктуре которых, по меньшей мере, две фазы, привело к увеличению уровня прочности без ухудшения пластичности. Поэтому так называемые многофазные стали обладают благоприятным сочетанием прочности и пластичности, обусловленным наличием в их составляющих дополняющими друг друга механическими свойствами. Многофазные стали (например, двухфазные) могут содержать сравнительно мягкую фазу основы, определяющую их низкий предел текучести и хорошую формуемость, в то время как высокий предел прочности (временное сопротивление) определяется второй (твердой) фазой.

С целью снижения массы и повышения безопасности автомобиля в качестве материалов для подвесок и кузовов все чаще рассматривают возможность применения высокопрочных сталей с TRIP-эффектом и двухфазной стали (DP) с пределами прочности 780 и 980 МПа, соответственно.

TRIP (ПНП)-эффект – наиболее эффективный механизм увеличения прочности стали без ухудшения штампуемости и относительного удлинения. Способность к штамповке TRIP-стали определяется, главным образом, количеством и стабильностью остаточного аустенита. Однако листовая сталь, содержащая большое количество углерода и легирующих элементов, не может применяться для изготовления деталей автомобилей вследствие низкой свариваемости, неудовлетворительного состояния поверхности и высокой себестоимости.

В последние годы в Японии были разработаны TRIP-стали с пределом текучести 780 МПа путем добавки ниобия (Nb) и молибдена (Mo) и оптимизации условий сматывания рулона после горячей прокатки. Комплексная добавка 0,2 % Mo и 0,05 % Nb приводит к увеличению предела прочности с 762 до 822 МПа. Удовлетворительная вязкость стали, содержащей Nb, была получена, главным образом, в результате образования большой объемной доли остаточного аустенита и высокой концентрации углерода в нем [3].

В Японии резкое увеличение покупательского спроса на стали, характеризующиеся способностью к глубокой вытяжке, привело к стремительному росту производства IF-сталей. Уже в 1999 – 2001 гг. производство IF-сталей в Японии составило 6-7 млн т/год. IF-стали находят применение в наружных панелях кузова и других деталях автомобилей. Следует отметить, что с одновременным уменьшением применения «чистых» холоднокатаных IF-сталей наблюдается рост спроса на оцинкованные и высокопрочные IF-стали.

Серийный автомобиль Porsche Cayenne может служить примером интенсивного применения новых холоднокатаных высокопрочных и прогрессивных сталей, которые в общей сложности составляют более 60 % массы всех металлических панелей кузова. В кузове Cayenne также

интенсивно используются технологии склеивания и лазерной сварки для повышения прочности. Энергопоглощаемость и коррозионная стойкость кузова увеличены с помощью TRIP-сталей во внутренней панели центральной стойки, усилителях передней и центральной стоек, а также за счет применения многофазных сталей в боковинах и поперечинах кузова.

Научно-технические центры уральских крупных металлургических комбинатов, в первую очередь Магнитогорского металлургического, «Северсталь» и Новолипецкого металлургического, проводят исследования в области потребительских свойств автолистовой продукции, направленные на обеспечение перспективных требований клиентов по механическим свойствам, качеству, чистоте и микрогеометрии поверхности сталей и экспортируют новые стали (правда пока в ограниченном количестве) в адрес международных автомобильных компаний.

Библиографический список

1. Дзоценидзе Т.Д. Конструкционные и отделочные материалы автомобилей и тракторов. Учебное пособие. М.: Металлургиздат, 2010. 132 с.
2. Мишнев П.А., Адигамов Р.Р. Антонов П.В., Сушкова С.А. Технологические возможности и новые продукты «Северстали» для автопрома. Бюллетень «Чёрная металлургия». 2012, № 4, С. 84-89.
3. Горбунов А.В., Вертенко А.Г., Курамышин Р.Р. и др. Перспективы развития производства высокопрочных автолистовых сталей. Сталь. 2012, № 2, с. 113-115.